

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-182003

(43)Date of publication of application : 26.06.2002

(51)Int.Cl.

G02B 1/11
B81B 1/00

(21)Application number : 2000-380709

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 14.12.2000

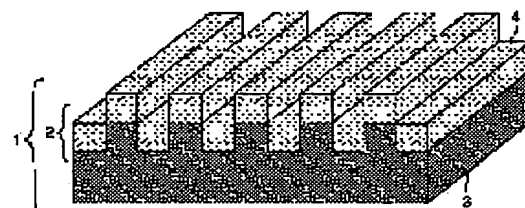
(72)Inventor : HOSHI HIKARI

(54) ANTIREFLECTION FUNCTIONAL ELEMENT, OPTICAL ELEMENT, OPTICAL SYSTEM AND OPTICAL APPLIANCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an antireflection function element having an excellent antireflection function by a fine periodical structure and having durability of the fine periodical structure.

SOLUTION: The antireflection function element is produced by forming a periodical structure 2 having a smaller period than the wavelength of the incident light on the surface of a base material 3 and then an additional layer 4 having a lower refractive index than the refractive index of the base material on the periodical structure. Or, a periodical structure with a smaller period than the wavelength of the incident light is also formed in the additional layer 4.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 20.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 11.05.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-182003
(P2002-182003A)

(43) 公開日 平成14年6月26日 (2002. 6. 26)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 1/11		B 8 1 B 1/00	2 K 0 0 9
B 8 1 B 1/00		G 0 2 B 1/10	A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-380709 (P2000-380709)

(22) 出願日 平成12年12月14日 (2000. 12. 14)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 星 光

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100067541

弁理士 岸田 正行 (外2名)

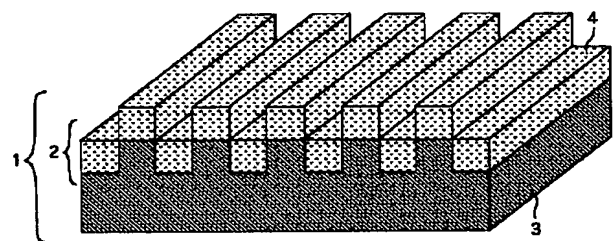
Fターム(参考) 2K009 AA04 BB14 CC06 DD11 DD12

(54) 【発明の名称】 反射防止機能素子、光学素子、光学系および光学機器

(57) 【要約】

【課題】 微細周期構造により優れた反射防止機能を有するとともに、微細周期構造の耐久性を併せ持つ反射防止機能素子が望まれている。

【解決手段】 基材3の表面に入射光の波長より小さい周期の周期構造2を設けるとともに、その周期構造上に、基材の屈折率より小さい屈折率を持つ付加層4を設けて反射防止機能素子を構成する。また、付加層4にも、入射光の波長より小さい周期の周期構造を持たせる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基材の表面に入射光の波長より小さい周期の周期構造を有するとともに、前記周期構造上に付加された、前記基材の屈折率より小さい屈折率を持つ付加層を有することを特徴とする反射防止機能素子。

【請求項 2】 前記付加層が、入射光の波長より小さい周期の周期構造を有することを特徴とする請求項 1 に記載の反射防止機能素子。

【請求項 3】 前記付加層の周期構造の周期が、前記基材の周期構造の周期と略一致することを特徴とする請求項 2 に記載の反射防止機能素子。

【請求項 4】 前記周期構造の周期が、入射光の波長の略 $1/2$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の反射防止機能素子。

【請求項 5】 前記付加層の厚さが、前記基材の周期構造の格子深さ以下であることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の反射防止機能素子。

【請求項 6】 基材の表面に作製した格子の断面形状が矩形であって、前記付加層およびこの付加層に接する入射側材料を用いて算出される有効屈折率が、前記入射側材料の屈折率と前記基材の屈折率の平均値に略一致することを特徴とする請求項 2 から 5 のいずれかに記載の反射防止機能素子。

【請求項 7】 前記付加層が、前記基材の周期構造を保護する機能を有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の反射防止機能素子。

【請求項 8】 請求項 1 から 7 のいずれかに記載の反射防止機能素子が前記基材としての素子表面に一体的に形成されたことを特徴とする光学素子。

【請求項 9】 請求項 1 から 7 のいずれかに記載の反射防止機能素子を用いて構成されたことを特徴とする光学系。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の光学系を用いて構成されたことを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、入射光の波長よりも小さな周期構造を持つ反射防止機能素子およびこれを用いた光学素子、光学系および光学機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】空気とガラスなど屈折率差がある境界で光が透過する際には、フレネル反射が生じる。通常、ガラスにおけるフレネル反射はおおよそ 4% 前後であるが、カメラや液晶プロジェクターなどの光学機器においては、レンズやプリズムなどの光学素子が数多く使用されているため、所望の光学性能を得るためには、フレネル反射を低減し、透過率を高める工夫が必要である。

【0003】フレネル反射を低減するために一般的に用いられている手法は、光学素子の表面に MgF₂ や Si

O₂ などの低屈折率材料を適当な厚みで付加することによって反射防止機能を得ることである。

【0004】基板表面に低屈折率材料を 1 層付加した構造をもつ単層反射防止膜の模式図を図 9 に示す。単層反射防止膜の場合には、単層膜の膜厚は以下に示す式を用いて設計することができる。

【0005】

$$n = (n_i \times n_s)^{1/2} \quad (1)$$

$$n d \cos \theta = \lambda / 4 \times (2m - 1) \quad (2)$$

ただし、 n_i は入射側材料の屈折率、 n_s は基板側材料の屈折率、 n は基板に付加する薄膜材料の屈折率、 d は膜厚、 θ は入射角、 λ は設計波長、 m は整数である。

【0006】材料の屈折率および光学膜厚は (1) 式および (2) 式を満たすように設計することによって、設計波長 λ における反射率をゼロにすることができる。一般的には、(1) 式を完全に満たすような基板材料および薄膜材料の組み合わせは現実には存在しないため、設計波長において反射率がゼロになることはほとんどない。

【0007】また、更に広帯域において反射率を低減したい場合には、薄膜を積層することによってより高い反射防止効果を得ることができる。基板材料として PMMA (polymethylmethacrylate)、薄膜材料として MgF₂ を用い、光学膜厚を 125 nm としたときの反射率特性を図 10 に示す。

【0008】図 10 における点線は、PMMA 基板のみで反射防止膜を付加していない場合の反射率特性を表わしており、実線は PMMA 基板に単層反射防止膜 (光学膜厚 125 nm) を付加した場合の反射率特性を表わしている。(2) 式から得られる設計値どおり、500 nm 付近で反射率が最小になっており、可視領域において反射率が低減していることがわかる。

【0009】低屈折率材料を用いた反射防止膜における問題点として、(1) 反射防止膜に用いられる低屈折率材料に限られていること (2) 基板材料と低屈折率材料との相性によっては、所望の反射防止膜を付加することができないこと (3) 温度、湿度など環境変化によって反射防止膜の劣化が生じること、などが挙げられる。

【0010】一方、微細周期構造を持つ光学素子の研究が行われており、微細周期構造を持つ光学素子の特徴として、反射防止機能が知られている。これは、入射波長より小さな (例えば、入射波長の $1/2$ から $1/10$ 程度) の微細周期構造を基板上に設けるとによって、反射防止機能を実現することができるものである。

【0011】例えば、図 11 に示すような矩形形状の微細周期構造を基板上に設けた場合の反射率特性を図 12 に示す。ここでは、材料として PMMA を用いた。また、反射率はベクトル回折理論である厳密結合波解析を用いて算出した。微細周期構造の格子周期が入射波長に比べ小さい領域においては、スカラー回折理論は近似的に成立せず、厳密な反射率を求めることはできないため

である。

【0012】図12において、点線はPMMA基板のみの場合の反射率特性を表わしており、実線は、PMMA基板の表面に断面形状が矩形の微細周期構造を設けた場合の反射率特性を表わしている。

【0013】微細構造を設けていないPMMA基板の反射率（スカラー計算）に比べ、矩形微細周期構造を設けた基板では反射率の減少が見られる。つまり、基板表面に微細周期構造を設けることによって、低屈折率材料を用いた薄膜による反射防止効果と同様な効果が得られることがわかる。また、基板上に直接、微細周期構造を設けるため、薄膜を用いる場合と比較して、使用する低屈折率材料の制限がなく、より自由な設計が可能である。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従来の光学素子においては、基板材料に比べて低屈折率である薄膜材料を基板表面に適当な膜厚に制御することによって反射防止機能を達成した。一方、入射波長よりも小さな微細周期構造を持つ反射防止機能素子は、従来の薄膜反射防止膜と同様な反射防止機能を達成することができる。

【0015】しかしながら、微細周期構造を持つ反射防止機能素子においても、一般的に、温度や湿度などの環境変化からの保護および物理的な傷からの保護など、耐久性の面から素子の表面には保護膜が付加されていることが好ましい。

【0016】特開平11-48355号公報には、微細な凹凸パターン上に保護膜を形成する光学素子および成形型において、保護膜を形成した後の最終形状が目的とする微細凹凸パターンとなる光学素子（光学素子用成形型）およびその製造法について提案されている。

【0017】しかし、これは基板上に付加する保護膜形状の製作手法についての提案であって、具体的な最適な保護膜厚の設計手法および保護膜を付加した光学素子の光学性能については全く提案されていない。

【0018】また、特開平11-174216号公報には、予め鋸歯状形状又は階段状形状の各回折要素単位の側面に保護膜を設けた状態で、反射防止膜を製膜した後に保護膜を除去して製作したことを特徴とする回折光学素子について、高周波領域における回折効率を改善するための保護膜および保護膜の製造手法について提案されている。

【0019】しかし、入射波長よりも小さな微細周期構造をもつ反射防止機能素子における保護膜については全く提案されていない。

【0020】さらに、特開平11-305005号公報においては、屈折率の異なる透光性光学媒体界面において生じる正規反射光を広い波長帯域において安定して大きく低減する反射防止膜に関する提案があるが、周期構造は入射波長よりも長いことを条件としており、入射波長よりも小さな微細周期構造を持つ反射防止機能素子に

については全く提案されていない。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、本発明の反射防止機能素子では、基材の表面に入射光の波長より小さい周期の周期構造を設けるとともに、その周期構造上に、基材の屈折率より小さい屈折率を持つ付加層を設けている。

【0022】これにより、上記付加層を基材の周期構造の保護層（ないし保護膜）として機能させ、基材の周期構造を温度や湿度などの環境変化や物理的な傷から保護することが可能となる。しかも、基材に設けられた微細な周期構造による反射防止効果と、付加層の屈折率が基材の屈折率より小さいことによる反射防止効果とが相まって、優れた反射防止機能を有する素子を実現することが可能となる。

【0023】なお、上記発明においては、上記付加層を、入射光の波長より小さい周期の周期構造としてもよい。

【0024】これにより、上述した2つの反射防止効果に加えて、付加層自体の周期構造による反射防止効果を得ることが可能となり、より優れた反射防止機能を有する素子を実現することが可能となる。

【0025】

【発明の実施の形態】まず、一般に用いられている反射防止膜の構成および反射率特性について説明する。一般に用いられている反射防止膜は、基材の屈折率に比べて低屈折率の材料を適当な膜厚だけ付加したものである。

【0026】図9に、一般的な単層反射防止膜の模式図を示す。3は基板、92は単層反射防止膜である。この単層反射防止膜において反射防止機能を得るためには、設計波長 λ に対して（2）式を満たすような光学膜厚 nd を設定すればよい。

【0027】例えば、設計波長 λ を $0.5\mu\text{m}$ 、低屈折率材料として MgF_2 （ $n=1.38$ ）を用いたときには、（2）式から光学膜厚 nd は 125nm となることがわかる。

【0028】PMMA（ $n=1.492$ ）基板上に光学膜厚 125nm の MgF_2 単層膜を付加したときの反射率を図10に示す。この図では、横軸に波長、縦軸に反射率を表わしている。

【0029】図10からわかるように、波長 $0.5\mu\text{m}$ 付近における反射率がもっとも小さくなっており、設計値どおりの性能を示している。

【0030】次に、基板上に入射波長よりも小さな微細周期構造の構成および反射率特性について設けた反射防止機能素子の反射率特性について説明する。

【0031】図11には、基板上に矩形形状の微細周期構造を設けた光学素子の模式図を示している。この微細周期構造は、1次元方向にのみ周期構造を有し、断面形状が矩形形状をしているものである。このような微細周

期構造は、例えば、電子線を用いた直接描画や反応性イオンエッチング (RIE) などの手法を用いて製作することが可能である。

【0032】基板材料としてはPMMA ($n=1.492$) を用い、格子周期 Λ を $0.2\mu\text{m}$ 、格子深さ d_1 を $0.1\mu\text{m}$ 、格子部分における基板材料の比率を表わすフィリングファクター w/Λ を 0.5 とした。

【0033】格子周期 Λ が入射波長と同程度の大きさを持つ場合には、共鳴領域において特徴的である強い偏光特性や強い波長依存性および高次回折光の発生が観測され、所望の反射防止性能を達成することが困難であるとともに、実際の光学系に適用した場合、高次回折光が迷光の原因になると考えられる。

【0034】このような高次回折光を発生させないようにするために、格子周期 Λ を入射波長の $1/2$ から $1/10$ 程度の微細周期構造を持たせることが好ましい。

【0035】このような微細周期構造を持つ光学素子の反射率を表したものが図12である。反射率の算出にはベクトル回折理論である厳密結合波解析を用いた。基板のみのときと比較して反射率が減少していることがわかる。以上のように、基板表面に入射波長よりも微細である周期構造を設けることによって基板の反射率を低減させることができる。

【0036】(第1実施形態) 次に、本発明の第1実施形態である反射防止機能素子について図1および図2を用いて説明する。なお、図1は反射防止機能素子の概略構成を示す斜視図であり、図2はその断面形状を示す。

【0037】本実施形態では、基板(基材)3の材料としてPMMA ($n=1.492$)、保護層(付加層)4の材料として MgF_2 ($n=1.38$) を用い、格子周期(ピッチ) Λ を $0.2\mu\text{m}$ 、格子深さ d_1 を $0.085\mu\text{m}$ 、保護層厚 d_2 を $0.085\mu\text{m}$ 、フィリングファクター w/Λ を 0.5 としている。

【0038】なお、保護層4の厚さ d_2 は、格子深さ d_1 以下とするのが、保護層4の剛性確保の観点等から好ましい。また、格子深さおよび保護層厚の設計にはベクトル回折理論である厳密結合波解析を用いた。このときの反射率特性を表したものが図3である。図3において、横軸には波長を、縦軸には反射率を示している。

【0039】図3に示すように、PMMA基板のみ(微細周期構造なし)の場合には、フレネル反射によって可視領域において4%程度の反射率を持つ。

【0040】また、PMMA基板上に単層の反射防止膜(膜材料: MgF_2 ($n=1.38$)、光学膜厚: 125nm) を設けた場合には、反射率の最小値を1.4%程度(可視領域において反射率2%程度以下)に抑えることが可能である。

【0041】また、PMMA基板上に矩形的微細周期構造を設けた場合においては、反射率の最小値を0.2%程度(可視領域において反射率1%程度以下)に抑える

ことが可能である。

【0042】そして、本実施形態である、PMMA基板3の矩形的微細周期構造2上に保護層4を付加した反射防止機能素子1の場合には、反射率の最小値を0.06%程度(可視領域において反射率0.5%程度以下)に抑えることが可能である。

【0043】つまり、微細周期構造2に保護層4を設けた反射防止機能素子1においては、微細周期構造2の形状(格子周期、格子深さ、フィリングファクターなど)および保護層4の形状(保護層厚、保護層材料など)の最適化を行うことによって、従来の単層膜のみおよび微細周期構造のみによる反射防止では実現困難であった優れた反射防止性能を達成することが可能であり、従来のものよりも低反射率の反射防止機能素子を提供することができる。

【0044】ここで本実施形態では、保護層4の材料として、基板3の材料と比べて屈折率が低いものを用いている。また、フレネル反射では材料の屈折率の変化が大きな境界面において反射率が大きくなるため、入射側の材料(例えば、空気)と保護層4の材料との間の屈折率変化および保護層4の材料と基板3の材料との間の屈折率変化がなるべく小さくなるような材料をそれぞれ選択することが好ましい。

【0045】図2において、層厚 d_2 を持つ保護層4の部分(PMMA基板3と空気層との周期構造を有している部分)の見かけの屈折率(以下、「有効屈折率」という)は、有効屈折率法を用いて算出することが可能である。

【0046】保護層4の部分の有効屈折率は、入射側材料の屈折率と基板側材料の屈折率(ここでは空気の屈折率とPMMAの屈折率)の平均値と略一致していることが好ましい。

【0047】本実施形態では、保護層4の部分の有効屈折率 n_{eff} (但し、ここではTE、TM偏光に対する有効屈折率の平均値を表わしている)は、 $n_{\text{eff}}=1.223$ であり、空気とPMMAの平均の屈折率 $n_{\text{ave}}=1.246$ と略一致した値をとっている。

【0048】このように、適当な屈折率を持つ保護膜材料を用いることによって、基板材料の保護だけでなく、反射防止性能を改善することが可能である。

【0049】また、従来の単層反射防止膜においては、(1)式を満たすような理想的な屈折率を持つ材料の組み合わせを実現できなかったため、低反射率の単層反射防止膜を製作することは困難であった。

【0050】これに対し、本実施形態においては、微細周期格子形状を有する保護層4により有効屈折率を制御し、低反射率(可視光領域における反射率の最小値が0.5%以下)を実現している。

【0051】なお、実際に素子を製作する際に、保護層4の形状に誤差(例えば、エッジだれ、側面の傾き)が

生じた場合でも、保護層4の部分のフィリングファクターや保護層厚さを最適化することにより、同等の反射防止性能を実現することが可能である。

【0052】以上のように、本実施形態によれば、基板3の微細周期構造2上に保護層4を付加することにより、基板3の微細周期構造2を外部環境変化等から保護することができる。しかも、基板3の微細周期構造2による反射防止効果に加えて、入射側材料と保護層4と基板3の屈折率を上記した関係に設定したことによる反射防止効果、さらには保護層4の微細周期構造による反射防止効果により、きわめて低い反射率を達成することができる。

【0053】したがって、本実施形態によれば、耐久性と優れた反射防止機能とを兼ね備えた反射防止機能素子を実現することができる。

【0054】（第2実施形態）図4には、本発明の第2実施形態である反射防止機能素子の構成を示している。本実施形態の反射防止機能素子11では、基板13の微細周期構造12の断面形状が三角格子形状であり、この三角格子形状に沿うように保護膜（付加層）14を形成している。

【0055】微細周期構造は、1次元方向にのみ周期構造を持っており、図13には、基板13の格子形状を示している。

【0056】ここでは、基板13の材料としてPMMAを用い、格子周期 Λ を $0.2\mu\text{m}$ 、格子幅 w を $0.1\mu\text{m}$ 、格子深さ d_1 を $0.19\mu\text{m}$ とした。

【0057】なお、保護層14の厚さ d_2 は、格子深さ d_1 以下とするのが、保護層14の剛性確保の観点等から好ましい。

【0058】図14には、PMMA基板そのものと、基板13の表面に断面形状が三角格子形状である微細周期構造12を設けた素子との反射率を比較して示している。図14において、横軸は波長を、縦軸は反射率を表わしており、反射率の算出には厳密結合波解析を用いた。

【0059】図14から、基板13の表面に微細周期構造12を設けることによって、反射率が低減していることが分かる。

【0060】また、図5には、基板13の三角格子形状に保護膜14を付加した反射防止機能素子の反射率を他と比較して示している。

【0061】ここでは、基板13の材料としてPMMAを用い、格子周期 Λ を $0.2\mu\text{m}$ 、格子幅 w を $0.1\mu\text{m}$ 、格子深さ d_1 を $0.19\mu\text{m}$ 、保護膜14の材料として MgF_2 （ $n=1.38$ ）を用い、保護膜厚 d_2 を $0.1\mu\text{m}$ としたときの例を示している。

【0062】PMMA基板のみ（反射防止膜なし）の場合、PMMA基板に単層反射防止膜（膜材料： MgF_2 （ $n=1.38$ ）、光学膜厚： 125nm ）を設けた場

合およびPMMA基板上に三角格子形状の微細周期構造を設けた場合と比較すると、本実施形態のように、三角格子形状の微細周期構造12上に保護膜14を設けた場合の反射率特性が最も優れて（反射率が低くなって）おり、基板の反射率が全波長域において改善していることがわかる。

【0063】そして、基板13の微細周期構造12の格子形状（格子周期、格子深さ、格子部分など）および保護膜14の形状（保護膜厚、保護膜材料など）の最適化を行うことにより、従来の単層膜のみおよび微細周期構造のみによる反射防止では実現困難であった優れた反射防止性能（低反射率）を実現することができる。

【0064】ここで、保護膜14の材料の屈折率（有効屈折率ではなく、材料そのものの屈折率）は、入射側材料（例えば、空気）と基板13の材料の屈折率との平均屈折率と略一致していることが好ましい。これにより、保護膜材料の屈折率が、入射側材料がもつ屈折率と基板材料がもつ屈折率の中間の屈折率を持つことになり、屈折率変化が小さくなって反射率を低減することができる。

【0065】また、断面形状が三角形である格子状の微細周期構造12に保護膜14を設けることによって、入射側から基板側に向かって有効屈折率を連続的に変化させることが可能であり、従来の傾斜膜と同様に、反射防止帯域の広帯域化等の効果が期待できる。

【0066】以上のように、本実施形態によれば、基板13の微細周期構造12上に保護層14を付加することにより、基板13の微細周期構造12を外部環境変化等から保護することができる。しかも、基板13の微細周期構造12による反射防止効果に加えて、入射側材料と保護層4と基板3の屈折率を上記した関係に設定したことによる反射防止効果、さらには保護層4の微細周期構造による反射防止効果により、きわめて低い反射率を達成することができる。また、保護膜14の厚さを最適に設計することによって、反射率を一層低くすることができる。

【0067】したがって、本実施形態によれば、耐久性と優れた反射防止機能とを兼ね備えた反射防止機能素子を実現することができる。

【0068】また、図6には、反射率の入射角度依存性を示している。この図において、横軸に波長、縦軸に反射率を示しており、従来の単層膜の反射率と本実施形態における、保護膜14を有する三角格子形状の微細周期構造12を持つ反射防止機能素子の反射率とを示している。なお、入射角度は 0° および 15° とした。

【0069】この図から分かるように、本実施形態の反射防止機能素子の入射角度依存性は、従来の単層反射防止膜の入射角度依存性と遜色ない性能を持つ。さらに、格子形状および格子深さの最適化によって、反射率の入射角依存性を低減した反射防止機能素子の製作も可能で

ある。

【0070】なお、上述した第1および第2実施形態において、基板に微細周期構造を製作する場合には、基板は必ずしも平面である必要性はなく、レンズやミラーなどの曲面またはフレネルレンズのような凹凸のある面に製作してもよい。

【0071】また、上記各実施形態における微細周期構造は1次元方向にのみ周期を持つ構造であったが、これに限定するものではない。例えば、 xy 平面上にて格子形状が正方形や長方形である格子構造のような二次元の微細周期構造を有していてもよい。また、例えば xy 平面上にて格子形状が六角形である格子構造のように3方向以上に格子周期が異なる微細周期構造を有する反射防止素子に保護膜を製作してもよい。

【0072】さらに、第1および第2実施形態では、反射防止機能を持つ微細周期構造の格子断面形状が矩形又は三角形の場合について説明したが、本発明では、この形状に限定するものではない。例えば、断面形状が階段形状、鋸歯形状、台形形状、正弦波形状、半円形状というように、微細周期構造を持つ反射防止機能素子の表面に保護膜を付加したものであれば微細周期構造の断面形状は問わない。

【0073】（第3実施形態）図7には、本発明の第3実施形態である光学レンズ（光学素子）を示している。本実施形態では、光学レンズ（基材）5の表面に、微細周期構造を一体的に設け、さらにこの微細周期構造に第2実施形態で説明したような保護膜を付加することによって保護膜付きの微細周期構造を有する光学レンズを形成したものである。

【0074】これにより、レンズ表面の微細周期構造を保護するとともに、反射率を低減した高性能な光学レンズを実現している。

【0075】この模式図においては、保護膜付きの微細周期構造部分30を強調して表現しているため、実際の反射防止機能素子部分の大きさおよび形状とは異なる。また、図7においては微細周期構造を光学レンズ5の片面側にのみ設けたが、両面に設けてもよい。

【0076】そして、このような表面におけるフレネル反射の少ない光学レンズ5を用いた不図示の光学系においては、光学レンズ5の表面での反射光によるゴーストやフレアの低減が期待できるため、カメラ、ビデオカメラ、液晶プロジェクターなどの光学装置に用いられる、使用する光学素子の多い光学系において特に有用である。

【0077】なお、本発明の光学素子は、本実施形態のものに限られるのではなく、基本的な機能および性能を損なわない範囲であれば様々な応用が可能である。例えば、光学レンズの表面に、別部材として製作した保護膜（又は保護層）付きの微細周期構造基板を貼り付けて一体化してもよいし、プリズム状の光学素子に保護膜付

きの反射防止機能素子部分を設けてもよい。

【0078】（第4実施形態）図8には、本発明の第4実施形態である光学系の構成を示している。この光学系は、レーザービームプリンタなどに用いられる走査光学系を示している。

【0079】図中6は、半導体レーザなどの光源であり、7はコリメータレンズ、8はシリンドリカルレンズ、9はポリゴンミラー、10は $f-\theta$ レンズである。

【0080】また、40は $f-\theta$ レンズ（基材）10の表面に設けられた、上記第1実施形態や第2実施形態にて説明した保護膜（保護層）付きの微細周期構造を示している。さらに、11は感光体を示している。

【0081】 $f-\theta$ レンズ10の表面に微細周期構造を設け、この微細周期構造に保護膜（又は保護層）を付加することにより、保護膜付きの微細周期構造40を $f-\theta$ レンズ10に一体的に設けている。

【0082】これにより、 $f-\theta$ レンズ10の表面の微細周期構造の耐久性を高めるとともに、フレネル反射の低減が期待できる。

【0083】特に近年、レーザービームプリンタの高精細化が求められており、 $f-\theta$ レンズ10の表面におけるフレネル反射の低減により感光体11上に現れるゴーストやフレアを低減し、従来よりも高精細な画像出力が可能となる。

【0084】なお、本実施形態では、 $f-\theta$ レンズ10の片面にのみ保護膜付き微細周期構造を設けたが、必要に応じて $f-\theta$ レンズ10の両面に設けてもよい。

【0085】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、基材の表面に入射光の波長より小さい周期の周期構造を設けるとともに、その周期構造上に、基材の屈折率より小さい屈折率を持つ付加層を設けているので、上記付加層を基材の周期構造の保護層（ないし保護膜）として機能させ、基材の周期構造を温度や湿度などの環境変化や物理的な傷から保護することができる。しかも、基材に設けられた微細な周期構造による反射防止効果と、付加層の屈折率が基材の屈折率より小さいことによる反射防止効果とが相まって、優れた反射防止機能を有する素子を実現することができる。

【0086】さらに、上記付加層を入射光の波長より小さい周期の周期構造とすれば、上述した2つの反射防止効果に加えて、付加層自体の周期構造による反射防止効果を得ることが可能となり、より優れた反射防止機能を有する素子を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態である反射防止機能素子の概略図。

【図2】上記第1実施形態の反射防止機能素子の断面図。

【図3】上記第1実施形態の反射防止機能素子の反射率

特性を示すグラフ図。

【図4】本発明の第2実施形態である反射防止機能素子の断面図。

【図5】上記第2実施形態の反射防止機能素子の反射率特性を示すグラフ図。

【図6】上記第2実施形態の反射防止機能素子の入射角度特性を示すグラフ図。

【図7】本発明の第3実施形態である、反射防止機能を有する光学素子の概念図。

【図8】本発明の第4実施形態である走査光学系の構成図。

【図9】従来の単層反射防止膜の概略図。

【図10】従来の単層反射防止膜の反射率特性を示すグラフ図。

【図11】矩形格子形状の微細周期構造を有する反射防止機能素子の断面図。

【図12】矩形格子形状の微細周期構造を有する反射防止機能素子の反射率特性を示すグラフ図。

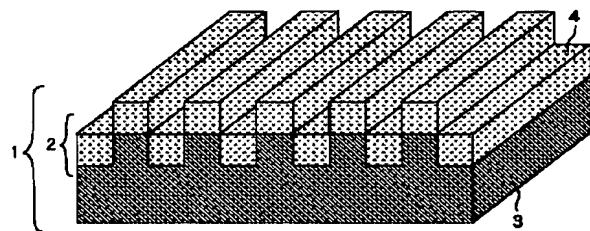
【図13】三角格子形状の微細周期構造を有する反射防止機能素子の断面図。

【図14】三角格子形状の微細周期構造を有する反射防止機能素子の反射率特性を示すグラフ図。

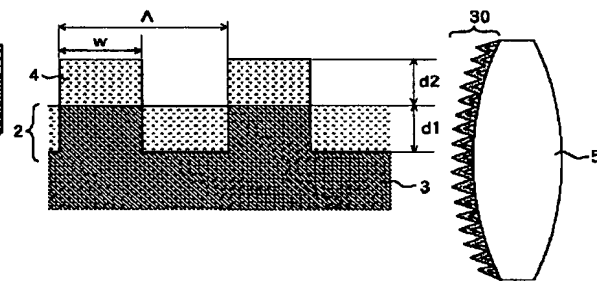
【符号の説明】

- 1, 11, 30, 40 反射防止機能素子
- 2, 12 微細周期構造
- 3 基板
- 4 保護層
- 5 光学レンズ
- 6 光源
- 7 コリメータレンズ
- 8 シリンドリカルレンズ
- 9 ポリゴンミラー
- 10 f- θ レンズ
- 11 感光体
- 30, 40 保護膜付き微細周期構造
- 92 反射防止膜

【図1】

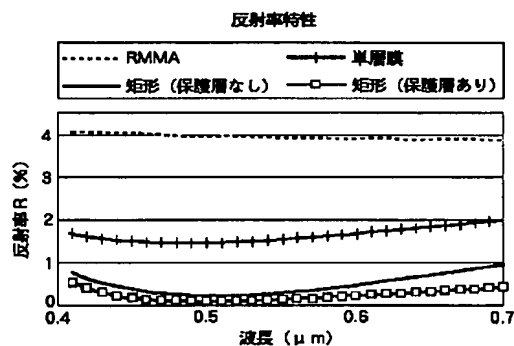


【図2】

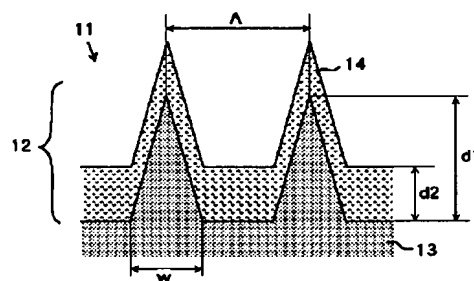


【図7】

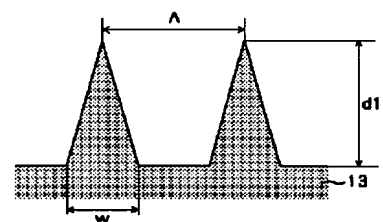
【図3】



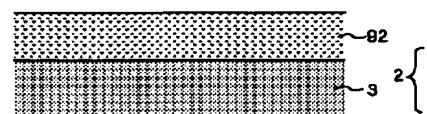
【図4】



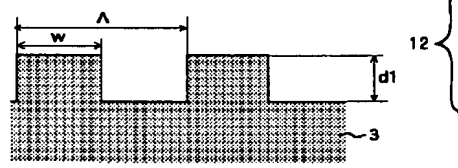
【図13】



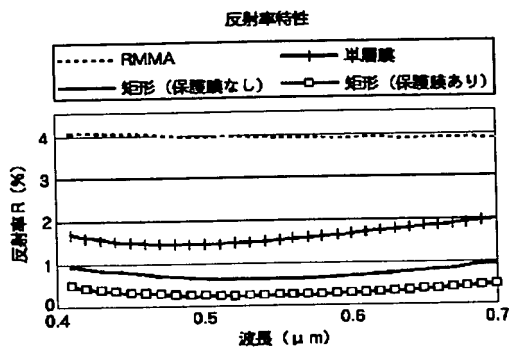
【図9】



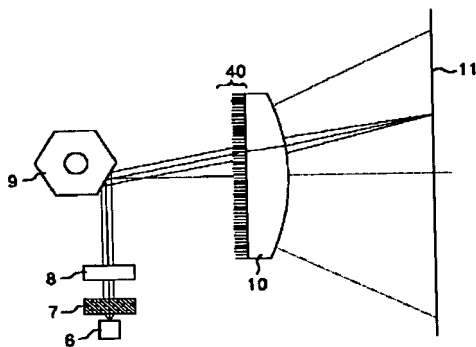
【図11】



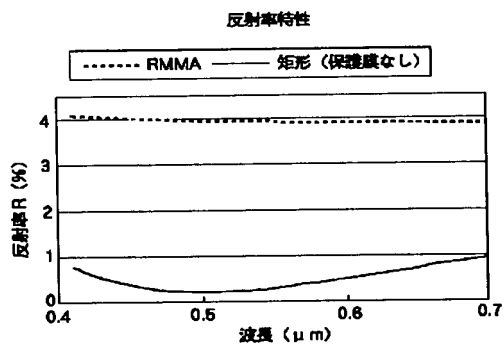
【図 5】



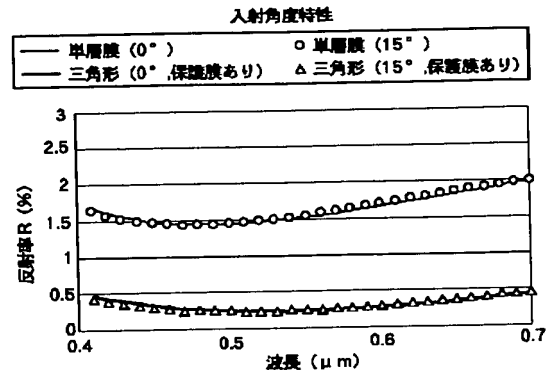
【図 8】



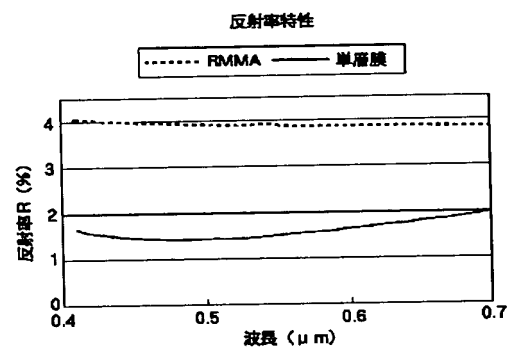
【図 12】



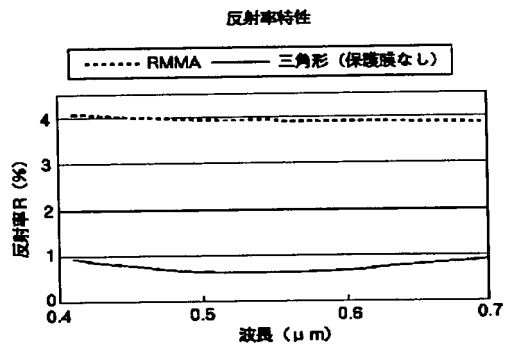
【図 6】



【図 10】



【図 14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER: _____**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (ASPTQ)